



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11) **EP 1 372 183 A2**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
17.12.2003 Patentblatt 2003/51

(51) Int Cl.7: **H01J 49/04**

(21) Anmeldenummer: **03011507.5**

(22) Anmeldetag: **21.05.2003**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR
HU IE IT LI LU MC NL PT RO SE SI SK TR**
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL LT LV MK

(71) Anmelder: **Gesellschaft für
Schwerionenforschung mbH
64291 Darmstadt (DE)**

(72) Erfinder: **Lang, Ralf, Dipl.-Ing.
65551 Limburg (DE)**

(30) Priorität: **11.06.2002 DE 10225965**

(54) **Hochtemperaturofen zur Festkörperverdampfung in
Elektron-Zyklotron-Resonanz-Ionenquellen**

(57) Es wird ein Hochtemperaturofen zur Festkörperverdampfung in Elektron-Zyklotron-Resonanz-Ionenquellen vorgeschlagen, der am Ende einer Schubstangenanordnung sitzt. Der Ofen besteht aus einem zylindrischen Becher mit einem Stiel am Außenboden und ist aus einer thermisch bis über 2000°C belastbaren Wolframlegierung. Der Stiel ist bis nahe zum Becherboden koaxial mit einem Außenleiter aus ebenfalls thermisch hochbelastbarem Material umgeben. Der Becher selber ist koaxial mit einer Heizwendel umgeben, die einerseits mit ihrer einen Stirn den Becherrand und andererseits mit der anderen Stirn den Außenleiter kontak-

tiert.

An den Stiel und den Außenleiter schließt sich die koaxial aufgebaute Stromzuführung an, die neben dem zentralen Leiter noch aus einem koaxialen Rohrsystem aus drei Rohren besteht, das neben der Stromrückführung noch einen Strömungskanal für Kühlmittel bildet.

Die Stromzuführung bildet gleichzeitig eine Schubstangeneinrichtung zur Positionierung bzw. zur Herausnahme des Hochtemperaturofens aus seiner Betriebsposition. Der gesamte Aufbau aus Ofen und Schubstange kann elektrisch isoliert bewegt werden.

EP 1 372 183 A2

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft einen Hochtemperaturofen zur Festkörperverdampfung in Elektron-Zyklotron-Resonanz-Ionenquellen, EZR-IQ, im internationalen Sprachgebrauch auch unter ECRIS, Electron-Cyclotron-Resonance-Ion-Source, bekannt. Der Hochtemperaturofen ist elektrisch und mechanisch an eine kühlmittelumströmte Schubstangeinrichtung gekuppelt, mit der er durch ein am Rezipienten/Vakuumgehäuse angeflanshtes Führungsrohr in die vom zu verdampfenden Material abhängige Verdampfungposition geschoben und festgestellt oder daraus ohne Belüftung der EZR-IQ zurückgezogen werden kann. An dieses Führungsrohr ist umgebungsseitig noch ein Zugschieber angeflansht, um ein Einführen oder Entnehmen des Hochtemperaturofens ohne Rezipientenbelüftung zu ermöglichen.

[0002] Der Hochtemperaturofen ist für die Metallionenerzeugung wichtig, da solche nur aus einem dampfförmigen Medium gewonnen werden können. Dazu muss das entsprechende Metall zuvor verdampft werden, wozu je nach Metall Temperaturen weit über 1000°C notwendig sind.

[0003] Der ständige Einsatz einer EZR-Ionenquelle hat gezeigt, dass mit der Produktion eines Ionenstrahles aus Festkörperatomen ein erheblicher Zeitaufwand verbunden ist. Sobald das Material verbraucht ist oder ein anderer Festkörper verwendet werden soll, also nach jedem Öffnen der Ionenquelle, muss eine mehrstündige Pumphase in Kauf genommen werden. Diese wird zur Erreichung des erforderlichen Hochvakuaums von etwa 10^{-7} mbar gebraucht. Dieses Problem wurde zunächst mit einem Hochtemperaturofen, wie er aus der DE 196 05 171 bekannt ist, gelöst. Der Aufbau des Hochtemperaturofens und die dazu verwendeten Materialien lassen den Betrieb nur im Temperaturbereich von etwa 500°C bis etwa 1500°C zu, damit sind viele metallische Elemente zur Verdampfung ausgeschlossen, weil die benötigten Temperaturen mit diesem System, bei dem ein Heizdraht auf einen keramischen Grundkörper gewickelt ist, nicht zu erreichen sind. Die in diesem Temperaturbereich verfügbaren Keramiken werden bei den hohen Temperaturen chemisch reaktiv und können so nicht die benötigten langen Standzeiten erreichen.

[0004] Das Verlangen, dampfförmige metallische Elemente bereitzustellen, die erst über 1500°C bis etwa 2000°C verdampfen, bildet auch die Aufgabe, die dieser Erfindung, die dieses Problem löst, zugrunde liegt, nämlich einen solchen Hochtemperaturofen mit wenigstens einem Tiegelvolumen wie aus dem Stand der Technik bekannt, mit einer ausreichenden Heizleistung für die zu verdampfende Metallmenge bereitzustellen. Insbesondere steht die Forderung im Raum, ein Metaldampf aus Uranoxid bereitzustellen zu können, um daraus schließlich Uranionen in der EZR-IQ zu erzeugen.

[0005] In Anspruch 1 ist der Hochtemperaturofen mit seinen kennzeichnenden Merkmalen beschrieben, der die Aufgabe löst bzw. die Forderung erfüllt, auch Uranatome bereitzustellen zu können. Dahinter steht die technische Aufgabe die mit höchsttemperaturbelastbaren Materialien/Legierungen erforderliche Verdampfungsleistung zu erbringen, aber auch die bisherige Austauschfreundlichkeit des Hochtemperaturofens mindestens beizubehalten.

[0006] Der am Ende der gesamten Anordnung sitzende Hochtemperaturofen liegt koaxial zur Achse derselben und besteht aus einem zur Ionenquelle hin offenen, becherförmigen Tiegel, an dessen Boden außen ein Stiel, der Innenleiter, ansetzt. Den Stiel umgibt konzentrisch, ohne ihn zu berühren, ein bis kurz vor den Boden des Bechers reichender Außenleiter, die Filamentaufnahme. Becher und Stiel bestehen aus einem Körper und sind aus einem Material, das den extremen thermischen Anforderungen unter Wahrung der geometrischen Form gewachsen ist. Für Temperaturen bis knapp über 2000°C erweist sich dafür nur noch Wolfram als tauglich, das allerdings sehr schwer auf Maß bearbeitbar ist.

[0007] Deshalb wird dafür eine spezielle, hochwarmfeste Wolfram-Legierung wie Wolfram-Ceroxid oder Wolfram-Lanthanoxid oder Wolfram-Thoriumoxid verwendet (Anspruch 2). Wolfram ist dabei jeweils mit 1 bis 2% des jeweiligen Oxids dotiert. Gegenüber reinem Wolfram hat die Wolfram-Ceroxid-Legierung den hier nicht wichtigen Vorteil der niedrigeren Elektronenaustrittsarbeit. Wolfram-Lanthanoxid hat gegenüber Wolfram eine bessere Kriechbeständigkeit, eine höhere Rekristallisationstemperatur bei hohen Umformgraden und insbesondere eine noch höhere Warmfestigkeit. Wolfram-Thoriumoxid hat gegenüber reinem Wolfram eine höhere Rekristallisationstemperatur, eine höhere Warmfestigkeit, eine niedrigere Elektronenaustrittsarbeit und eine gute mechanische Bearbeitbarkeit, allerdings den problematischen Nachteil: es ist radioaktiv. Für den Hochtemperaturofen ist von der Fertigung, mechanische Bearbeitbarkeit, und dem Einsatz, hohe Warmfestigkeit, her gesehen die Wolfram-Lanthanoxid-Legierung vorzuziehen.

[0008] Der Außenleiter ist im Betrieb ebenfalls diesen extrem hohen Temperaturen ausgesetzt, allerdings nicht in dem Masse wie der Becher/Tiegel, der direkt angestrahlt wird. Am Außenleiter setzt die Heizwendel/-spirale an. Als Material für den Außenleiter ist Tantal oder Molybdän oder Niob oder Wolfram geeignet (Anspruch 3). Falls noch eine einigermaßen gute mechanische Bearbeitbarkeit gefordert ist, ist Tantal zu bevorzugen.

[0009] Um den Becher sitzt freistehend die Heizwendel, die nur mit ihrem einen Ende den Becherrand und mit ihrem andern Ende die dem Becher zugewandte Stirn des Außenleiters kontaktiert. Die Heizwendel ist zug- und druckfrei also ohne mechanische Spannung eingebaut und verformt sich auch unter höchster Belastung allenfalls nur soweit, dass der frei liegende Bereich noch nirgends berührt. Die Heizwendel ist aus einer speziellen Wolframlegierung, die die extremen Belastungen formkonstant aushält. In Frage kommt bisher nur sogenanntes vakuummetallisiertes Wolfram, kurz VM-Wolfram, der Firma Plansee Aktiengesellschaft in A-6600 Reute/Tirol.

[0010] Für den Betrieb sind die Stromübergänge von Baukomponente zu Baukomponente von wesentlicher Bedeutung. Es darf auch bei hoher thermischer Belastung zu keinen Stromdichteüberhöhungen kommen, die vollends zu rascher Selbsterstörung führen. Hierzu ist der Stiel im Endbereich vor seiner freien Stirn über eine vorgegebene axiale Länge und um den vollen Umfang herum mittels einer Buchse (10) aus um den Umfang gleichverteilten Federkontakten mit einem auf der freien Stirn der Schubeinrichtung andockenden Schubstangeninnenteil (13) lösbar gesteckt. Diese Komponente hat sich erfahrungsgemäss langfristig bewährt und ist andern Kontaktierungsmaßnahmen überlegen.

[0011] Die Schubeinrichtung hat mechanische und elektrische Funktion. Mechanisch, weil mit ihr der Hochtemperaturofen in Position geschoben/gedreht oder aus ihr gezogen wird. Elektrisch, weil der Heizungsstrom über die Stromzu- und Stromdurchführung fließt. Eine Kupfer-Beryllium-Legierung erfüllt alle Betriebsforderungen zufriedenstellend.

[0012] Über das in Anspruch 1 gekennzeichnete Bauprinzip hinaus sind in den Unteransprüchen 4 bis 7 Maßnahmen beschrieben, die ein stabiles Langzeitverhalten und eine Bedienerfreundlichkeit unterstützen:

Die Stromdurchführung ist ein Zusammenbau, also ein konfektioniertes Bauteil, aus einem zentralen Kupferstab mit einer übergeschobenen Hülse aus dielektrischem, keramischem Material. Aluminiumoxid, Al_2O_3 , beispielsweise erweist sich als gut geeignet. Diese Al_2O_3 -Hülse steckt in einer metallischen Ringtopfhülse, die, am Kupferstab hart angelötet, ortsfest sitzt. Über den andern Stirnbereich ist ebenfalls über die Stirn hinaus eine metallische Hülse geschoben. Beide metallische Hülsen sind aus einer schweißbaren Eisennickellegierung, beispielsweise FeNi42, und berühren sich nicht (Anspruch 4).

[0013] Um möglichst verlustarm Wärme im Becherinnern zu erzeugen, setzt nach Anspruch 5 an der freien Stirn des Bechers ein umgebendes Abschirmrohr an, das die Heizwendel mindestens vollständig verdeckt. In dieses Abschirmrohr ist eine zylindrische Abschirmung mit mindestens der Länge der eingebauten Heizwendel geschoben. Beide Abschirmungen werden mit der dazwischengeschobenen geriffelten Reflexionsfolie auf Abstand zueinander gehalten, sie berührt beide punktförmig und/oder allenfalls nur abschnittsweise linienförmig. Damit ist ein wirksames Hitzeschild aufgebaut und Wärmeleitung nach außen auf ein unvermeidbares Maß beschränkt. Beide Abschirmungen und die Folie sind aus einem hochwarmfesten Material, z.B. Tantal.

[0014] Das Führungsrohr ist metallisch und gut wärmeleitend. Es überlappt das Abschirmrohr in jeder Arbeitsposition des Hochtemperaturofens und bildet mit ihm einen Ringspalt. Die Weite des Ringspalts lässt einerseits einen elektrischen Potentialunterschied zwischen dem Führungsrohr und der Abschirmung zu und ist andererseits höchstens so weit, dass die Mikrowelle aus der EZR-IQ noch nicht eindringen kann, beispielsweise höchstens $1/10$ der Wellenlänge der Mikrowelle. Damit ist der Hochtemperaturofen samt Schubeinrichtung von der Mikrowelle im Rezipienten abgeschirmt, so dass keine zerstörerischen Ankopplung an den Ofen und die Schubeinrichtung eintreten kann. Der Ofen kann auf ein andres elektrische Potential als das Führungsrohr gelegt werden (Anspruch 6), das ist für gewisse Einsätze in einer Beschleunigeranlage wichtig.

[0015] Die flächige Kontaktierung am Stiel des Ofens ist zur Vermeidung von punktuellen Stromdichteüberhöhungen zwingend. Der kommerziell erhältlichen ODU-Kontakt der Firma Otto Dunkel aus Mühlendorf am Inn erfüllt die Anforderungen bei Nennbetrieb langfristig (Anspruch 7). Ein auf diesem Bauprinzip beruhender Steckkontakt sitzt in der in die Umgebung ragende Stirn (der Stromzuführung) des Innenteils der zusammengebauten Schubstange. Der Gegenkontakt für den Stromanschluss sitzt auf dem in Verlängerung nach hinten vorhandenen Außenrohr außerhalb des Rezipienten in der Klemmschelle zur axialen Positionierung des Hochtemperaturofens, darin ist ebenfalls ein ODU-Steckkontakt eingebaut.

[0016] Die Verwendung einer freistehenden Heizwendel mit beispielsweise 17 Windungen, welche sich bei über $2000^\circ C$ durch die Wahl der verwendeten Materialien und die Art der Konstruktion weniger als 0,7 mm im weiter unten vorgestellten Durchführungsbeispiel durchbiegt ist neu, auch die Verwendung einer Schubstange mit zwei Funktionen, welche auf einem Außendurchmesser von beispielhaft nur 13 mm nicht nur eine koaxiale Wasserzu- und abfuhr beinhaltet, sondern auch die Zu- und Ableitung des benötigten Heizstroms von ~ 35 A bei einer Spannung von ~ 12 V im Durchführungsbeispiel.

[0017] Das komplett isolierte Ofensystem kann auf eine separate Spannung gelegt werden, weil das alles umhüllende Führungs- oder Gehäuserohr den eingeschobenen Hochtemperaturofen mit seinem Innenrohr, Mittenrohr und Außenrohr an keiner Stelle über die gesamte Länge metallisch berührt.

[0018] Die Verwendung von Materialien mit einem benötigten Dampfdruck von 10^{-3} Torr bei bis zu $2000^\circ C$ in einem Ofen zur Festkörperverdampfung mit geringsten Abmessungen ist so möglich. Der Ofen kann konstruktiv einfach auf ein anderes Potential gelegt werden.

[0019] Die Erfindung wird anhand der Zeichnung weiter erläutert. Die Zeichnung setzt sich aus 3 Figuren zusammen. Im einzelnen zeigt:

- Figur 1** den an die Schubeinrichtung andockenden Hochtemperaturofen;
- Figur 2** die Positionierungseinrichtung und den Kühlmittelanschluss;
- Figur 3** den Zusammenbau insgesamt.

[0020] Das Durchführungsbeispiel ist beispielhaft. Die freistehende Heizwendel 2 ist für den Anwendungsfall in der Ionenquelle der Beschleunigeranlage bei GSI konzipiert. Die geometrischen Konturen sind anlagenangepasst. Das Prinzip ist auf andere Anwendungsfälle übertragbar und kann in seinen Massen und Auslegungen entsprechend modifiziert werden.

[0021] Der Hochtemperaturofen enthält hier eine 30 mm lange freistehende Heizwendel 2 mit insgesamt 17 Windungen. Diese aus vakuummetallisiertem Wolfram, VM-Wolfram, der Firma Plansee hergestellte Heizwendel 2 wird im Betrieb so heiß, dass das Nutzmaterial bis knapp über 2000°C erhitzt werden kann. Durch die spezielle Konstruktion und das gewählte Material biegt sich die Heizwendel 2 nur minimal durch, und zwar allenfalls so weit, dass in jedem vorgesehenen Betriebsfall keine Berührung mit einem andern Bauteil des Hochtemperaturofens, außer der elektrischen Kontaktierung an der jeweiligen Stirn, eintreten kann, ein elektrischer Kurzschluss tritt im Nennbetrieb nicht auf.

[0022] Die zusammengebaute Schubstange besteht über ihre Länge hinweg aus verschiedenen Bauelementen, einerseits denen für die zentrale elektrische Leitung, nämlich der Stromzuführung 21 mit ihrem ODU-Stechkontakt 47 an der Stirn zur Umgebung, die geschraubt in der konfektionierten Stromdurchführung 16 sitzt, wobei das Schubstangeninnenteil 13 mit der Stromdurchführung 16 verschraubt ist und über den ODU-Kontakt 10 auf dem Stiel der Tiegelaufnahme 4 steckt. Diese insgesamt elektrisch zentral leitende Verbindung ist zur elektrischen Isolation im Bereich der Stromzuführung 21 und hälftig bei der Stromdurchführung 16 mit Keramikrohren umgeben, im Bereich des Schubstangeninnenteils 13 mit dem Keramikrohr 12, im Bereich des Stiels 4 mit dem keramischen Haltestift 8. Diese Keramikrohre 20, 12, 8 sind alle aus Al_2O_3 . Die koaxiale elektrische Rückleitung besteht aus dem Außenleiter 6, die Filamentaufnahme 6, um den Stiel 4, er ist über Gewindestifte 23 mit dem Schubstangenvorderteil 9 verspannt, das selbst mit dem Schubstangenaußenteil 14 verschraubt ist, dieses wiederum ist mit dem Schubstangenhinterteil 15 verschraubt. Das Schubstangenhinterteil 15 ist an der zylindrischen Hülse der Stromdurchführung 16 außen hart verlötet.

[0023] Am Schubstangenhinterteil 15 setzt hartverlötet das Außenrohr 17 an und führt bis zum Kühlmittelanschluss F. Das Innenrohr 19 ist mit der Hülse an der Stromdurchführung 16 innen verschweißt und führt ebenfalls bis zum Kühlmittelanschluss F. Zwischen Außen- 17 und Innenrohr 19 sitzt koaxial das Mittenrohr 18 mit seiner abgeschrägten Stirn im Bereich der Verschraubung von Stromzuführung 21 und Stromdurchführung 16 am Schubstangenhinterteil 15, dort ist auch die Kühlmittelumlenkung.

[0024] Der Führungskugelring 11 aus Al_2O_3 im Endbereich des Stiels 4 hält diesen Aufbau in dem Gehäuserohr 48 spaltbildend koaxial.

[0025] Durch diesen Aufbau besteht einerseits der geschlossene Kühlmittelkreislauf und es wird der Luftdruck der Umgebung unmittelbar entlang der Stromzuführung 21 bis zur ringtopfförmigen Haltehülse an der konfektionierten Stromdurchführung 16 geführt.

[0026] Dieser Aufbau und die Verwendung von ODU-Kontakten kann die benötigte Heizleistung von etwa 400 W dem Hochtemperaturofen zugeführt werden. Die Schubstange wird mit dem herkömmlichen leicht variiertem (Außendurchmesser Schubstange 13 mm) Schleusensystem in die EZR-IQ eingeführt.

[0027] Der Aufbau des Hochtemperaturofens mit Schubeinrichtung ist folgender:

A. Die freistehende Heizwendel 2 ist aus dem hochtemperaturfester Wolframdraht, der im ppm Bereich mit Aluminium- und Kaliumsilikat dotiert wurde und dadurch eine extrem große Formstabilität und Warmfestigkeit hat. Das ist zwingend, weil sonst eine Durchbiegung des Heizdrahtes bis zur Tiegelaufnahme 4 zum zerstörerischen Kurzschluss führt.

B. Die Tiegelaufnahme besteht aus eine Legierung aus Wolfram mit 2% Lanthanoxid. Die Tiegelaufnahme hat über eine Länge von etwa 55 mm keine Führung, steht also frei. Daher kommt als Material bei diesen hohen Temperaturen nur Wolfram in Frage. Reines Wolfram ist sehr schwer zu bearbeiten, spanabhebend nur bei über 200°C. Die Legierung ist schon bei Raumtemperatur bearbeitbar und hat darüber hinaus eine noch höhere Warmstandfestigkeit.

C. Der Ring 11 mit zum Kugelmittelpunkt symmetrischer Kugelstumpfaußenwand ist aus Keramik (Al_2O_3), er zentriert den Hochtemperaturofen auf die Achse.

D. Das Außenrohr 17 aus Stahl der Norm 1.4301 sowie die Stromdurchführung 16 sind mit dem Schubstangenhinterteil 15 aus der Kupferlegierung CuBe2 vakuumdicht hartverlötet.

E. Die koaxiale Wasserkühlung des Schubrohres unterbindet eine Überhitzung der Rundschnurringe 37 aus Fluorkautschuk, FPM, Handelsnahme: Viton® sowie der Schleusenteile 30/31/32/34 aus PEEK. Dadurch kann der Hochtemperaturofen ohne lange Abkühlzeiten aus der Ionenquelle herausgezogen werden und ist sofort durch einen bereitstehenden anderen austauschbar.

Die Teile 9/14/15 des Schubrohres sind aus der Kupferlegierung CuBe2, um eine gute Wärmeableitung bei mög-

lichst großer Härte zu erreichen.

Die konfektionierte Stromdurchführung 16 wird mit dem Innenrohr 19 vakuumdicht WIG geschweißt; der Innenleiter ist aus Kupfer; die aufgeschobene dielektrische Hülse, Keramikisolierung, ist aus Al_2O_3 und wird durch die im Bild linke Ringtopfhülse, die am zentralen Kupferleiter hart angelötet ist, ortsfest gehalten; die im Bild rechte, die Stirn der Al_2O_3 -Hülse überragende zweite Hülse berührt die linke Hülse nicht; beide metallischen Hülsen sind hier aus der FeNi42-Legierung.

F. Der Kühlmittelanschluss 27 - das Kühlmittel ist hier Wasser - und das Mittenrohr 18 sind miteinander vakuumdicht hartverlötet. Das Kühlmittel umströmt die Stromzuführung 21 nicht unmittelbar. Durch den Aufbau mit den drei Rohren, Innen-, Mitten- und Außenrohr, besteht Luftdruck der Umgebung bis zur Stromdurchführung 16 hin.

G. Das Führungsrohr 48 ist aus Kupfer, der Kleinflansch 50 ist aus Edelstahl, beide sind mit dem Anschlussflansch 49 vakuumdicht hartverlötet.

I. Der Zugschieber H und das Kreuzstück 55 sind über die drei Spannringe 53 eingebaut. Damit wird, abhängig vom Vorhaben, belüftet und evakuiert. Am Kreuzstück 55 wird gleichzeitig der anliegende Druckzustand gemessen.

Nach dem Herausziehen des an die Schubeinrichtung gekoppelten Hochtemperaturofens bis hinter den letzten der drei Spannringe 53, siehe gestrichelte Position, wird der Zugschieber geschlossen und das hintere Schleusenteil 29 - 34 zusammen mit dem Hochtemperaturofen und dem Schubrohr abgenommen, ohne die EZR- IQ zu belüften.

K. Die zwei Dichthülsen 31/32, die Endkappe 34, das Schleusenhinterteil aus PEEK und die Rundschnurringe 37 aus FPM, Handelsname Viton®, sind zur Dichtung gegen das Vakuum und zur Führung des Schubrohres. Durch Anziehen der Schleusenüberwurfmutter 33 aus Aluminium kann der Anpressdruck auf die Rundschnurringe 37 erhöht werden. Beim Wechsel des Hochtemperaturofens wird die Schleusenüberwurfmutter 33 soweit gelöst, dass der Druck der Rundschnurringe 37 eine axiale Verschiebung des Schubrohres zulässt. Ein Verschieben des Hochtemperaturofens in das Schleusenvorderteil ohne einem Druckanstieg in der IQ kann durchgeführt werden.

L. Mit dem Klemmstück 25 aus Aluminium wird die axiale Position des Hochtemperaturofens fixiert. Darüber hinaus wird dort die Stromversorgung über einen ODU-Kontakt 39 angeschlossen. Der zweite Anschluss 47 für die Stromversorgung sitzt an der in die Umgebung gerichtete Stirn der Schubeinrichtung.

N. Der Wasseranschluss 27 besteht aus genormten Schnellwechsellkupplungen. Der Hohlraum zwischen dem Innenrohr 19 und dem Mittenrohr 18, beide aus Stahl der Norm 1.4301, dient zur Zuführung, der Hohlraum zwischen dem Mittenrohr 18 und dem Aussenrohr 17, ebenfalls aus dieser Stahllegierung, zur Abführung des Kühlwassers.

[0028] Das beschriebene Durchführungsbeispiel hat erste Tests bestanden:

Ein Test ohne Materialfüllung bei einer Temperatur von 1950°C bis 2050°C lief über 200 Stunden unproblematisch. Ein weiterer Test betraf den Dauerbetrieb über mehrere Tage mit Verdampfen von Vanadium bei Temperaturen bis 1900°C durchgeführt. Aus dem Becher des Hochtemperaturofens ins Plasma gelangende Vanadiumatome waren so zahlreich, gelangten in solcher Zahl in das Plasma und wurden darin zumindest in solcher Zahl ionisiert, dass Ionenströme bis ~ 200 µA daraus extrahiert werden konnten.

Bezugszeichenliste:

[0029]

1	Abschirmrohr	Tantal
2	Heizwendel	VM-W
3	Abschirmung	Tantal
4	Tiegelaufnahme	W (2%LaO)
5	Keramikring	Al_2O_3
6	Filamentaufnahme	Tantal

EP 1 372 183 A2

(fortgesetzt)

	7	Ofenführung	Molybdän
	8	Haltestift	Al ₂ O ₃
5	9	Schubstangenvorderteil	CuBe2
	10	ODU Kontakt Ø 3 Buchse	Messing
	11	Führungskugel	Al ₂ O ₃
	12	Keramikrohr 1	Al ₂ O ₃
10	13	Schubstangeninnenteil	CuBe2
	14	Schubstangenaußenteil	CuBe2
	15	Schubstangenhinterteil	CuBe2
	16	Stromdurchführung	Al ₂ O ₃ /FeNi42/Kupfer
	17	Außenrohr	1.4301
15	18	Mittenrohr	1.4301
	19	Innenrohr	1.4301
	20	Keramikrohr 2	Al ₂ O ₃
	21	Stromzuführung	CuBe2
20	22	Gewindestift mit Innensechskant M 3 x 4 mit Spitze	1.4301
	23	Gewindestift mit Innensechskant M 3 x 3 mit Kuppe	1.4301
	24	Gewindestift mit Innensechskant M 3 x 3 mit Spitze	1.4301
	25	Klemmstück	Aluminium
	26	Verstärkungsrohr 1	1.4301
25	27	Wasserkühlung	1.4301
	28	Verstärkungsrohr 2	1.4301
	29	Schleusenvorderteil	1.4301
	30	Schleusenhinterteil	PEEK
30	31	Dichthülse 1	PEEK
	32	Dichthülse 2	PEEK
	33	Schleusenüberwurfmutter	Aluminium
	34	Endkappe	PEEK
	35	Rundschnurring Ø 20 x 2,5	FPM (Viton)
35	36	Innensechskantschraube M3 x 16	1.4301
	37	Rundschnurring Ø 13 x 2,2	FPM (Viton)
	38	Innensechskantschraube M5 x 25	1.4301
	39	ODU Kontakt Ø 4 Stecker	Messing
	40	Rundschnurring Ø15 x 2	FPM (Viton)
40	41	Überwurfmutter Gyrolok Ø 15	1.4401
	42	Rundschnurring Ø 11 x 1,5	FPM (Viton)
	43	Walther- Kupplung Stecker	1.4571
	44	Walther- Kupplung Buchse	1.4571
45	45	Überwurfmutter Gyrolok □8	1.4401
	46	Rundschnurring Ø 6 x 2	FPM (Viton)
	47	ODU Kontakt Ø 4 Buchse	Messing
	48	Gehäuserohr	Kupfer
	49	Anschlußflansch	Kupfer
50	50	Kleinflansch DN 16 ISO KF	1.4404
	51	Stützring DN 16 ISO KF	1.4404
	52	Rundschnurring Ø 18 x 5	FPM (Viton)
	53	Spannring DN 16 ISO KF	1.4404
55	54	Zugschieber DN 16 ISO KF	Aluminium / 1.4404
	55	Kreuzstück DN 16 ISO KF	1.4404
	56	Reflexionsfolie	Tantal

Patentansprüche

1. Hochtemperaturofen zur Festkörperverdampfung in Elektron-Zyklotron-Resonanz-Ionenquellen, EZR-IQ, elektrisch und mechanisch an eine Schubeinrichtung angekuppelt, mit der er durch ein am Rezipienten/Vakuumgehäuse angeflanshtes Führungsrohr und daran angeflanshtem Zugschieber in die Verdampfungsposition geschoben und festgestellt oder daraus ohne Belüftung der EZR-IQ zurückgezogen werden kann, **dadurch gekennzeichnet, dass** der am Ende der Anordnung sitzende Hochtemperaturofen koaxial zur Achse dieser Anordnung sitzt, **dass** aus einem zur Ionenquelle hin offenen Tiegel (4), der aus einem Becher mit an seinem Außenboden ansetzenden Stiel, dem Innenleiter, und dem diesen Stiel nicht berührenden, bis kurz vor den Boden des Bechers reichenden Außenleiter (6), der Filamentaufnahme, und der um den Becher freistehenden Heizwendel (2), die mit ihrem einen Ende den Becherrand und mit ihrem andern Ende die dem Becher zugewandte Stirn des Außenleiters (6) kontaktiert, besteht, wobei der Becher (4) mit ansetzendem Innenleiter (4) aus einem elektrisch leitfähigen, bis über 2000°C ohne die Form zu ändernden thermisch belastbaren Material und der Außenleiter (6) aus einem ebensolchen bestehen, die Heizwendel (2) aus einer Wolframlegierung ist, die, mechanisch spannungslos eingesetzt, ihre Gestalt bei höchster Nenntemperatur nicht oder allenfalls nur soweit ändert, dass keine Berührung mit andern Bauteilen eintreten kann, **dass** der Stiel (4) im Endbereich vor seiner freien Stirn über eine vorgegebene axiale Länge und um den vollen Umfang herum mittels einer Buchse (10) aus um den Umfang gleichverteilten Federkontakten mit einem auf der freien Stirn der Schubeinrichtung andockenden Schubstangeninnenteil (13) lösbar gesteckt ist, **dass** die Stromzuführung (21) und die an ihr angekuppelte Stromdurchführung (16) der Schubeinrichtung aus je einer axial verlaufenden Stange aus einer elektrisch, die Wärme gut leitenden und mechanisch auf Zug, Druck und Torsion belastbaren Legierung bestehen.
2. Hochtemperaturofen nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Becher (4) mit ansetzendem Innenleiter (4) aus einer hochwarmfesten Wolframlegierung, wie Wolfram-Ceroxid oder Wolfram-Lanthanoxid oder Wolfram-Thoriumoxid, ist.
3. Hochtemperaturofen nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Außenleiter (6) aus Tantal oder Molybdän oder Niob oder Wolfram ist.
4. Hochtemperaturofen nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Stromdurchführung (16) ein Zusammenbau aus einem stabförmigen, elektrisch gut leitenden Material wie Kupfer mit einer übergeschobenen Hülse aus dielektrischem, keramischem Material ist, die an ihrem einen Stirnbereich über eine metallische Ringtopfhülse am Kupferstab (16) ortsfest gehalten wird und am andern Stirnbereich von einer metallischen Hülse bis über die Stirn hinaus umgeben ist, wobei sich beide Hülsen nicht berühren.
5. Hochtemperaturofen nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** an der freien Stirn des Bechers ein umgebendes Abschirmrohr (1) ansetzt, das die Heizwendel (2) mindestens vollständig verdeckt, in dieses Abschirmrohr (1) eine zylindrische Abschirmung (3) mit mindestens der Länge der eingebauten Heizwendel (2) geschoben ist, die mit einer geriffelten Reflexionsfolie (56) in Lage gehalten wird, die beide Abschirmungen (1) und (3) punktweise und/oder allenfalls abschnittsweise linienförmig berührt und diese drei Teile (1), (3), (56) aus einem hochwarmfesten, metallischen Material sind.
6. Hochtemperaturofen nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Führungsrohr (48) metallisch und gut wärmeleitend ist und das Abschirmrohr (1) in jeder Arbeitsposition des Hochtemperturofens nichtberührend überlappt, wobei der Ringspalt zwischen Führungsrohr (48) und Abschirmrohr (1) mindestens soweit ist, dass ein unter-

EP 1 372 183 A2

schiedliches elektrisches Potential aufrechterhalten werden kann und höchstens soweit ist, dass die Mikrowelle aus der EZR-IQ nicht eindringen kann.

7. Hochtemperaturofen nach Anspruch 6,

5 **dadurch gekennzeichnet,**
dass die flächige elektrische Kontakteinrichtung (10) zwischen dem Stiel (4) und dem Schubstangeninnenteil (13) ein ODU-Kontakt ist.

10

15

20

25

30

35

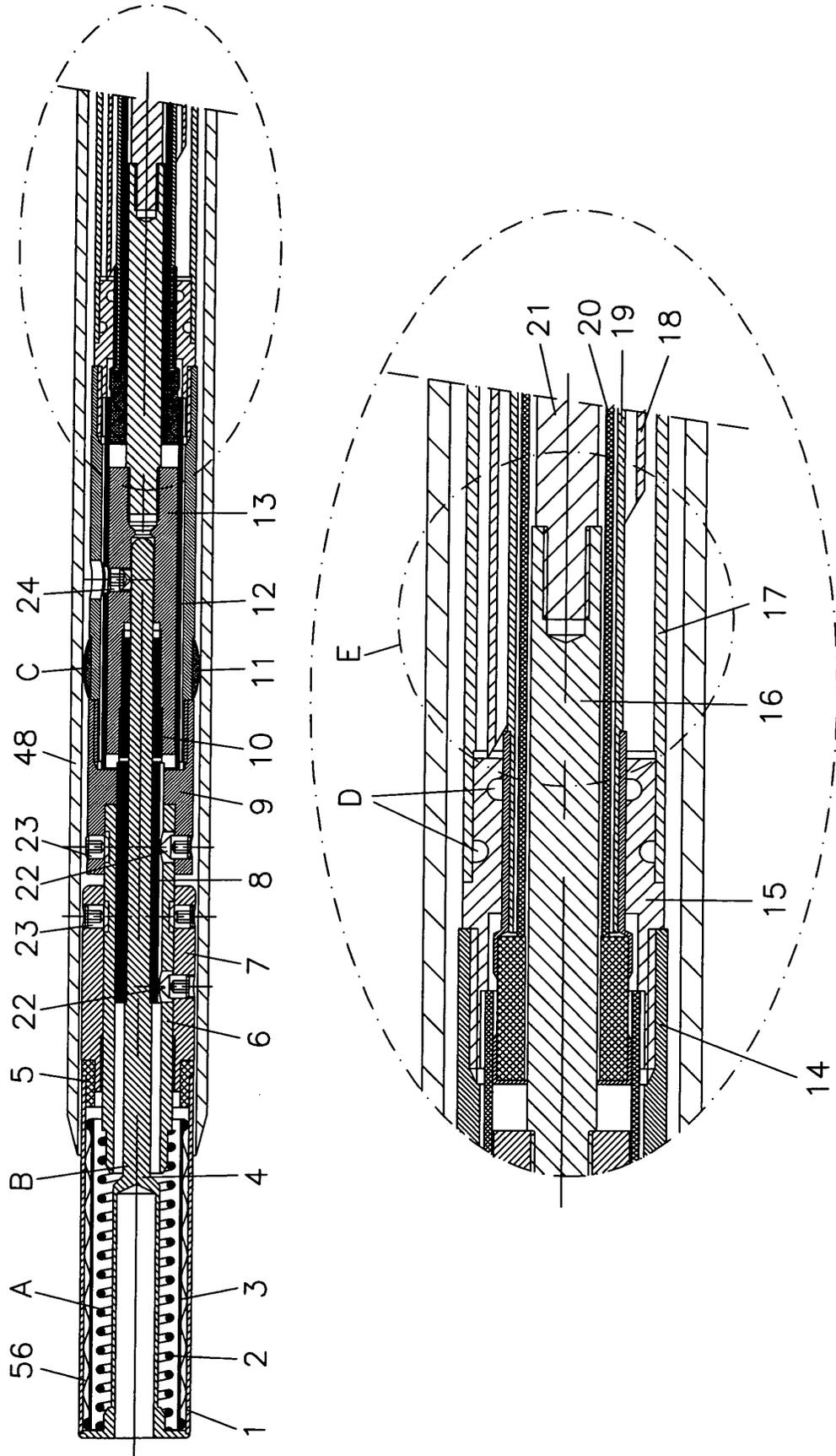
40

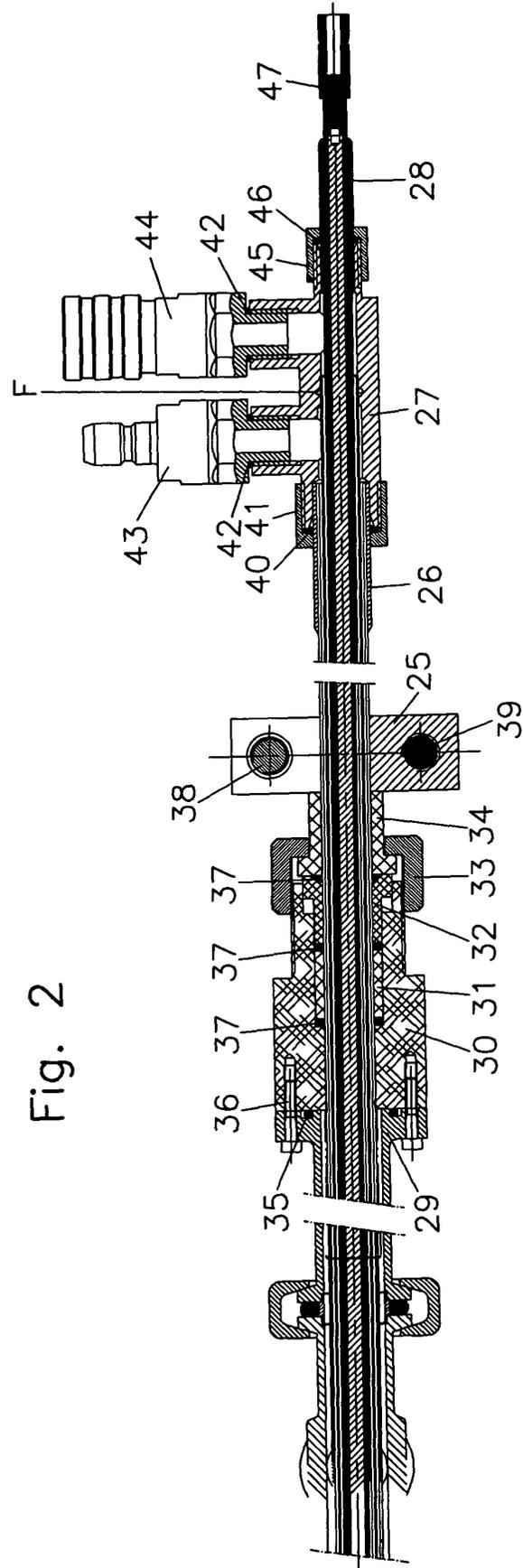
45

50

55

Fig. 1





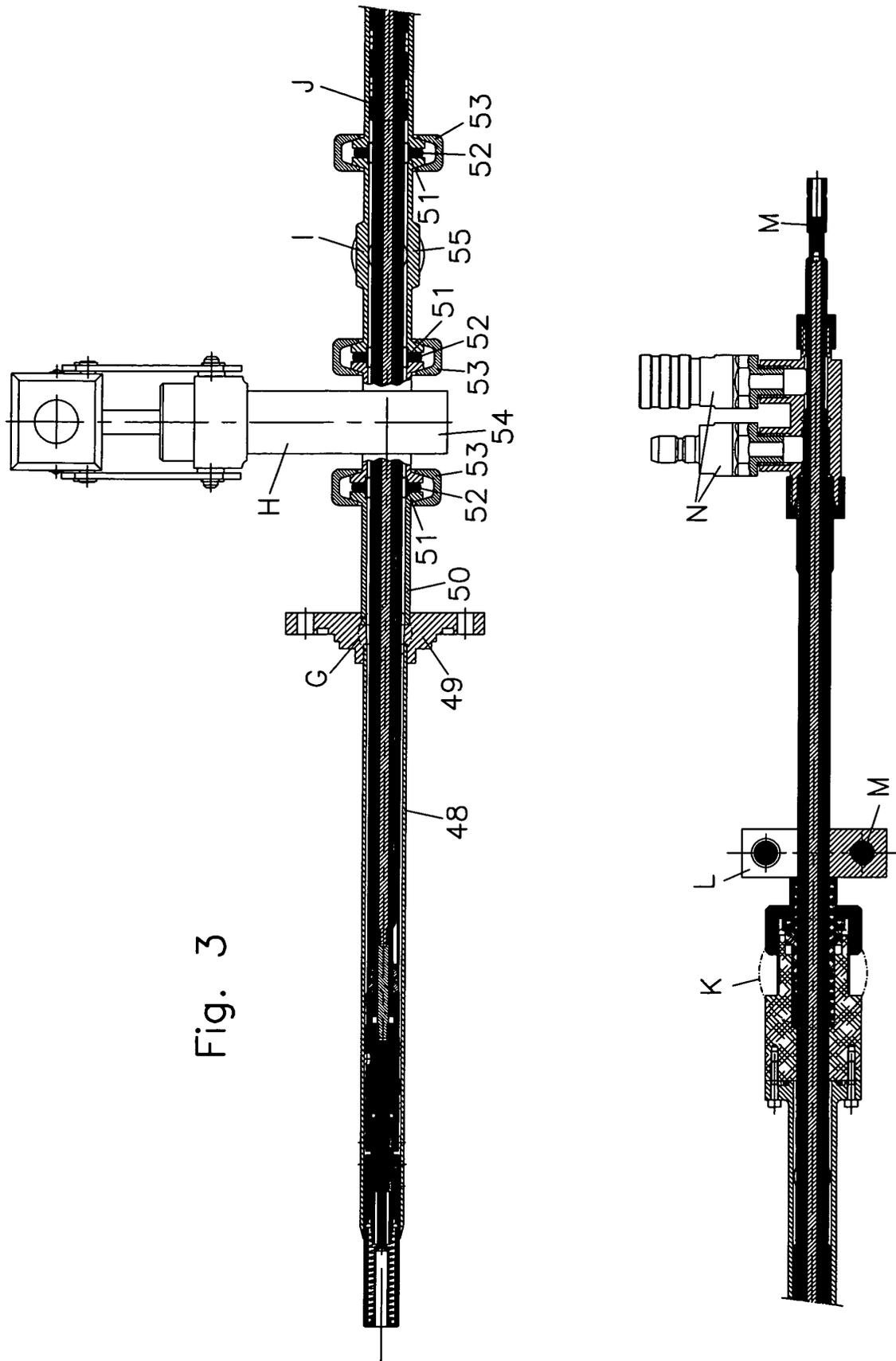


Fig. 3